

Мёссбауэрские спектры на ядрах  $^{151}\text{Eu}$  состоят из одиночной линии поглощения. Это свидетельствует, что ионы Eu замещают атомы Bi в ромбоэдрической структуре и имеют степень окисления 3+. С увеличением концентрации европия, значения изомерного сдвига линии поглощения становятся ближе к значению изомерного сдвига для оксида европия.

Мёссбауэровский спектр на  $^{57}\text{Fe}$  феррита висмута представляют собой ассиметричный зеемановский секстет с неоднородно уширенными резонансными линиями. Асимметрия и уширение линий связаны с распределением сверхтонких полей благодаря спиральной магнитной структуре. С увеличением концентрации ионов Eu в  $\text{Bi}_{1-x}\text{Eu}_x\text{FeO}_3$ , линии секстета принимают более симметричный вид. Наблюдаемое изменение спектра можно объяснить подавлением пространственной спиральной магнитной структуры при замещении висмута ионами европия. Вероятно, введение редкоземельных катионов в структуру BFO увеличивает магнитокристаллическую анизотропию, тем самым спиральная спиновая структура становится энергетически неблагоприятной [3].

Результаты вибрационной магнитометрии показывают значительную модификацию магнитных свойств феррита висмута по мере увеличения содержания европия. С усилением легирования растет также и намагниченность материала. Проявление необратимости в полевой зависимости намагниченности, т.е. петли гистерезиса, также служит подтверждением изменения магнитной структуры материала.

В заключение: в данной работе приведены результаты структурных, магнитных и мёссбауэровских исследований поликристаллических образцов  $\text{BiFeO}_3$ , легированных европием. Установлено что, замещение висмута европием приводит к изменению кристаллической структуры феррита висмута, модифицируя магнитные и магнитоэлектрические свойства синтезированных соединений. Наряду с использованием наноструктурированных образцов и сильных магнитных полей, метод легирования редкоземельными элементами является достаточно эффективным средством подавления пространственно-модулированной спиновой структуры феррита висмута.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы повышения конкурентоспособности Казанского федерального университета. Магнитные измерения были выполнены с использованием оборудования ФЦКП ФХИ КФУ.

Список публикаций:

[1] G. Catalan and J. F. Scott, *Adv. Mater.* 21, 2463 (2009)

[2] Zhengming Jiang, Anguo Peng, Min Liuy, Guoqing Liu and Ge Zhang, *Mod. Phys. Lett. B*, 1950094(2019)

[3] X. Zhang et al., *Journal of Alloys and Compounds* 507 (2010).

## **Фотоуправляемые органические полевые транзисторы**

**Павлов Александр Валерьевич**

**Муллагалиев Ильнур Наилевич**

**Баширский государственный университет**

**Салихов Ренат Баязитович, д.ф.-м.н.**

**[alexpav2457@gmail.com](mailto:alexpav2457@gmail.com)**

Органический полевой транзистор (ОПТ) является ключевым элементом в современной органической электронике. Его основные преимущества по сравнению с кремниевым транзистором включают низкую стоимость органических материалов, дешевое и экологически чистое производство органических элементов с помощью технологий печати, а также их универсальные качества, такие как малый вес, гибкость, прозрачность, длительный срок хранения и надежность [1].

В последние годы популярной тенденцией является разработка оптически управляемых полевых транзисторов, которые являются перспективными в качестве элементов оптической памяти, путем объединения органических полупроводников с фотохромными соединениями, поскольку последние демонстрируют двойную проводимость в условиях изомеризации [2-4].

Фотопереключаемые ОПТ (рис. 1) были изготовлены на стеклянных подложках с проводящим слоем ИТО (оксид индия и олова), который действует как затвор. Стеклянные подложки очищали ультразвуком (35 кГц) в деионизированной воде и сушили в печи при 80°C в течение 15 минут. ПАНИ толщиной 300 нм наносили термическим испарением в вакууме ( $2 \times 10^{-5}$  мбар) из ячейки Кнудсена через теневую маску. Полианилин находился в непроводящем состоянии и действовал как подзатворный диэлектрик. Фотохромное органическое соединение спиропиран и  $\text{C}_{60}$  в виде разделенных слоев наносились этим методом (со скоростью 0.3–0.4 нм/с) толщиной 200 нм для каждой пленки. Масса каждого использованного органического вещества составляла 10 мг. Затем алюминиевую пленку (500 нм) осаждали в вакууме в качестве электродов истока и стока. Контроль

толщины пленок проводили с помощью атомно-силового микроскопа NANOEDUCATOR II. Изготовленные устройства характеризовались шириной канала 10 мкм, длиной канала 50 мкм.

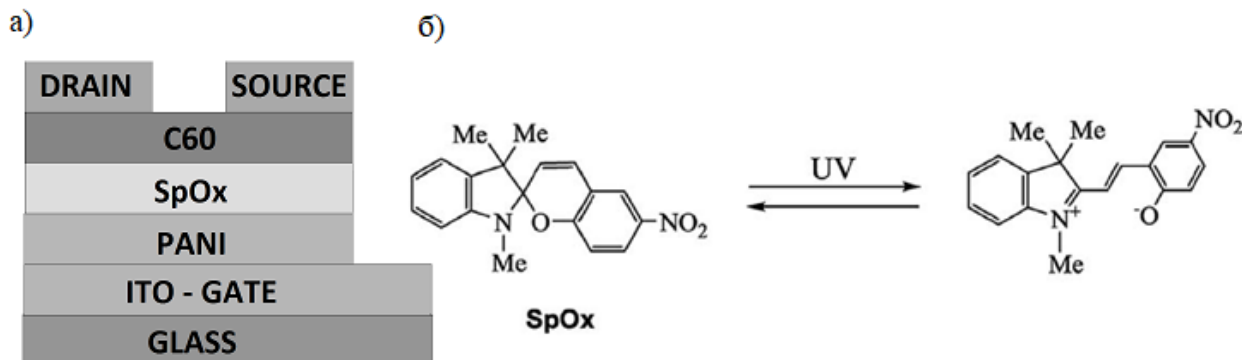


рис.1. Структура фотоуправляемого ОПТ, представленного в этом исследовании (а). Индуцированная ультрафиолетовым излучением обратимая изомеризация SpOx спиропирана в мероцианин в ОПТ(б)

Были исследованы и проанализированы выходные и передаточные вольтамперные характеристики в отсутствие облучения и при облучении ультрафиолетовым светом (350 нм) в области зазора транзистора. При облучении ток сток-исток увеличивается на три порядка для обоих устройств. Таким образом, текущее соотношение  $I_{ON}/I_{OFF}$  около 1000. Возможным объяснением явного увеличения тока через транзистор является эффект цвиттер-иона, который приводит к резкому увеличению дипольного момента молекулы спиропирана при облучении ультрафиолетом (рис. 1). Подача напряжения на затвор транзистора вызывает преимущественную ориентацию поляризованных молекул, что, в свою очередь, резко увеличивает полевой эффект в транзисторе. Увеличение тока в созданных ОПТ наблюдается при положительном напряжении на затворе, которое соответствует типу электронной проводимости транспортного канала ОФТ. Зависимости нелинейны.

Список публикаций:

- [1] Dimitrakopoulos C. D. and Malenfant P. R. L. // *Adv. Mater.* 2002. V. 14. P. 99.
- [2] Dong H., Zhu H., Meng Q., Gong X. and Hu W. // *Chem. Soc. Rev.* 2012. V. 41. P. 1754.
- [3] Orgiu E. and Samori P. // *Adv. Mater.* 2014. V. 26. P. 1827.
- [4] Fu L.-N., Leng B., Li Y.-S. and. Gao X.-K // *Chin. Chem. Lett.* 2016. V. 27. P. 1319.

## Магнитная фазовая диаграмма s-d модели для кубических решеток

Панкратова Анна Константиновна<sup>1,2</sup>

Игошев Петр Алексеевич<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина

<sup>2</sup>Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН

Игошев Петр Алексеевич, к.ф.-м.н.

[pankratovaanny@yandex.ru](mailto:pankratovaanny@yandex.ru)

Задача описания магнитных свойств систем с редкоземельными металлами, в которой транспортные (s-электроны) и магнитные (d-электроны) степени свободы разделены, является сложной и нерешенной. В работе было исследовано магнитное упорядочение рамках s-d модели в зависимости от параметров (концентрация s-электронов  $n$ , величина s-d обменного взаимодействия  $I < 0$ ). Гамильтонан s-d модели имеет следующий вид:

$$H = \sum_{ij\sigma} t_{ij} c_{i\sigma}^{\dagger} c_{j\sigma} - \frac{I}{2} \sum_{i\sigma\sigma'} (\mathbf{S}_i \cdot \boldsymbol{\sigma}_{\sigma\sigma'}) c_{i\sigma}^{\dagger} c_{i\sigma'}, \quad (1)$$

где  $c_{i\sigma}^{\dagger} (c_{i\sigma})$  — оператор рождения (уничтожения) s-электрона на  $i$ -ом узле с проекцией спина  $\sigma = \uparrow, \downarrow$ ;  $\boldsymbol{\sigma}$  — матрицы Паули;  $I$  — параметр s-d обменного взаимодействия,  $t_{ij}$  — интеграл перескока электрона с узла  $j$  на узел  $i$ .

В ходе исследования были построены магнитные фазовые диаграммы основного состояния для простой кубической, ОЦК (рис.1) и ГЦК решеток. Были найдены все возможные типы соизмеримого антиферромагнитного порядка (I, II и III типа для ГЦК и ОЦК [1]). Переходы между соизмеримыми фазами с изменением числа носителей реализуются как через области фазового расслоения, так и спирального магнитного порядка. Вблизи потолка и дна зоны обнаруживается ферромагнитный порядок. Насыщенные магнитные состояния (энергия Ферми попадает только в одну из подзон: в подзону для электронов с проекцией